

FRANCESCO PAOLO SASSI*, G. ZIRPOLI*

QUADRO DELLE CONOSCENZE SULLA STORIA PRE-ALPINA DELLE ALPI ORIENTALI

RIASSUNTO. — I tratti salienti della storia ercinica e pre-ercinica delle Alpi Orientali vengono discussi criticamente, con particolare interesse per i processi metamorfici e magmatici. Alcuni aspetti dell'evoluzione paleozoica vengono analizzati in dettaglio. In particolare, per l'Evento Ordoviciano viene riaffermato il carattere « orogenico », e per l'Evento Ercinico viene esclusa l'esistenza di una fase precoce di alta pressione e bassa temperatura.

ABSTRACT. — The main steps of the Hercynian and pre-Hercynian development of the Eastern Alps are critically discussed, giving particular attention to the metamorphic and magmatic processes. Some aspects of the paleozoic history are analyzed in detail. In particular, the « orogenic » character of the Ordovician Event is confirmed, and the existence of an early Hercynian metamorphism of high pressure and low temperature is denied.

Introduzione

Solo pochi anni fa il basamento metamorfico delle Alpi Orientali passava sotto il nome comprensivo di « Cristallino Antico » (« Altkristallin »), nome che da un lato voleva sottolineare la posizione di queste rocce come elemento basale delle sequenze stratigrafiche, e dall'altro copriva le carenze di conoscenza e il carattere indifferenziato di questo antico basamento, la cui storia si perdeva, imprecisata, nella notte dei tempi. La mancanza di dati obiettivi era tale che, fra gli studiosi, v'era chi assegnava la storia di queste rocce a tempi remotissimi, pre-cambri, e chi invece riteneva l'evento ercinico unico o principale responsabile del loro metamorfismo.

In questi ultimi anni, però, ricerche sistematiche hanno fornito importanti risultati petrografici, paleontologici e radiometrici che consentono di riconoscere nel « Cristallino Antico » una sequenza di processi geologici relativamente precisa anche se non molto dettagliata.

In particolare, è stato definitivamente accertato che l'evento ercinico ha avuto una notevole importanza su scala regionale, tanto che non esiste nelle Alpi Orientali roccia a metamorfismo pre-alpino che non abbia subito il metamorfismo ercinico. Tuttavia, è anche stato accertato che detto metamorfismo non è l'unico pre-alpino esistente nelle Alpi Orientali. Prima di esso, e precisamente durante l'Ordoviciano, un altro importante processo metamorfico di carattere regionale si sviluppò; esso è oggi riconoscibile in varie porzioni del basamento austriaco in facies anfibolitica, nonostante la ubiquitaria sovrimpronta ercinica.

Dare qui di seguito una descrizione dettagliata dei vari processi che caratterizzano la storia pre-alpina delle Alpi Orientali sarebbe cosa facile e, soprattutto, con-

(*) Istituto di Mineralogia e Petrologia dell'Università di Padova, e Centro di Studi per i Problemi dell'Orogeno delle Alpi Orientali del C.N.R., Padova. Ricerca eseguita nell'ambito del Progetto IGCP n. 5.

sona al titolo della presente relazione. Tuttavia, l'esistenza di recenti pubblicazioni a carattere riassuntivo (SASSI et al., 1975; BÖGEL et al., 1979; SASSI & ZIRPOLI, 1979) rende tale descrizione un inutile spreco. Riteniamo pertanto più opportuno richiamare solo a grandi linee la sequenza di eventi, per focalizzare invece l'attenzione o su alcuni dati nuovi che non figurano affatto o in maniera adeguata nei lavori sopra citati, o su alcuni aspetti particolarmente importanti di questi problemi.

Storia pre-ercinica

Parlare di storia pre-ercinica significa, nella sostanza, parlare prevalentemente di processi geologici avvenuti nell'Ordoviciano.

A) Infatti non sono state ancora individuate nelle Alpi Orientali rocce pre-cambliche, e v'è motivo di ritenere che esse probabilmente non esistono, almeno in grandi quantità. Gli unici dati relativi a tempi pre-camblici sono dati radiometrici, e sono stati ottenuti dagli zirconi incorporati come clasti in sedimenti più recenti, paleozoici.

D'altra parte, l'esistenza di rocce cambliche nelle Alpi Orientali non è ancora direttamente provata, ma essa è implicita nel modello evolutivo oggi corrente. Tale modello infatti, comprende, oltre al metamorfismo regionale di cui abbiamo già accennato nell'Introduzione, anche un importante magmatismo granitoide, a carattere sia plutonico che vulcanico. Il supporto roccioso di tutti questi eventi ordoviciani, cioè le rocce sottoposte a questi metamorfismi, quelle incassanti le plutoniti, quelle attraversate dai condotti vulcanici e di substrato alle lave fuoriuscite, deve essere stato necessariamente costituito da rocce non soltanto eventualmente ordoviciane, ma anche e prevalentemente cambriane.

B) I processi geologici più antichi di cui è stata trovata una sia pur fiavole traccia consistono nella cristallizzazione (magmatica?) di rocce contenenti zircone come minerale accessorio. Si tratta di processi avvenuti 2000-2300 m.a. fa (meno frequenti valori di età sono stati ottenuti nell'intervallo 1500-700 m.a.; GRAUERT et al., 1973; NUNES & STEIGER, 1974), i cui prodotti rocciosi però furono completamente smantellati per erosione, ed i cui cristalli quindi incorporati — direttamente o attraverso più cicli sedimentari — nei sedimenti che, per effetto dei metamorfismi ordoviciano ed ercinico, furono trasformati nei ben noti « paragneiss *l.s.* » alpini.

C.1) Dopo questi processi di cristallizzazione e di smantellamento erosivo, il fatto geologico più antico è rappresentato dalla comparsa delle eclogiti e delle peridotiti. L'esistenza di queste rocce pone due problemi: quello della formazione dei materiali rocciosi originari, e quello della loro trasformazione nelle attuali eclogiti e peridotiti, entrambe più o meno intensamente affette da processi di retrocessione.

Quanto alla natura pre-metamorfica delle eclogiti, in generale si tratta di basalti e talora metagabbri (HERITSCH, 1973; MILLER, 1970; RICHTER, 1973).

Circa il loro metamorfismo « eclogitico », nella maggior parte dei casi valori di pressione di 8-10 kb e temperature di 550-750° C sono stati desunti con metodi geobarometrici e geotermometrici basati sulle associazioni mineralogiche e sulla composizione di minerali. Quindi, è stata ottenuta una chiara indicazione di gradiente termico alquanto basso per il loro metamorfismo.

Come già accennato però, queste eclogiti portano il segno di un'altra rielaborazione metamorfica, con trasformazione eclogite → anfibolite, certamente pre-ercinica (PURTSCHELLER & SASSI, 1975). Per questo momento metamorfico non è possibile attualmente la stima del gradiente termico; gli unici caratteri riconoscibili sono: temperatura relativamente alta (per lo più facies anfibolitica) e $P_{H_2O} \approx P_{tot}$.

Dal punto di vista cronologico, le conoscenze sulle eclogiti sono quasi nulle. Gli unici punti fermi sono i seguenti:

- il metamorfismo responsabile della trasformazione eclogite → anfibolite è anteriore al metamorfismo ercinico, come detto prima;
- le eclogiti esistevano già nell'Ordoviciano superiore, in quanto si trovano come inclusi nei granitoidi di 450 m.a., sia pur raramente (PURTSCHELLER, inedito, in BÖGEL et al., 1979).

Questi dati sono ben pochi per inquadrare dal punto di vista cronologico tutti i processi legati alla formazione delle eclogiti. In particolare, non è dato di sapere quando fu attivo il magmatismo basico che generò queste rocce.

C.2) Anche per quanto riguarda le peridotiti, i problemi genetico e cronologico non sono del tutto chiariti. Si tratta di ultramafiti contenenti granati ricchi in pirope e prodotti di kelyphitizzazione del granato. Due sono le principali ipotesi genetiche:

- o si tratta di ultramafiti granatifere del mantello che furono tettonicamente inserite in rocce crostali profonde in tempi anteriori alla tettonica principale ercinica (HERZBERG et al., 1977);
- o si tratta di ultramafiti a spinello in facies magmatica le quali, dopo il loro inserimento tettonico in rocce crostali di basamento, furono con queste portate a grandi profondità ($P > 12$ kb): come conseguenza, nelle ultramafiti si verificò neoformazione di granato ricco in pirope, e gli gneiss crostali incassanti furono trasformati in granuliti (ROST & BRENNIS, 1978; ROST & WANNEMACHER, 1978; ROST et al., 1979).

La successiva retrocessione di queste rocce viene da tutti gli autori messa in relazione a diminuzione di P e di T (v. anche MILLER, 1974). ROST e collaboratori (op. cit.) sottolineano il carattere stadiale di tale metamorfismo retrogrado e l'importanza che per esso ebbero deformazione e crescente attività di fluidi acquosi.

Dal punto di vista cronologico, gli unici dati sulle peridotiti della Val d'Ultimo sono i seguenti:

- 330 ± 15 m.a. è l'età di raffreddamento della flogopite formatasi per differenziazione metamorfica in una lente ultramafitica (HUNZIKER, in ROST & BRENNIS, 1978);

- 336 m.a. è l'età U/Pb di zirconi di peridotiti, e si riferisce ad un evento metamorfico durante il quale le ultramafiti sono ricristallizzate (GEBAUER & GRÜNENFELDER, 1978), subendo l'ultimo, più avanzato, stadio di retrocessione metamorfica (stadio 5 in ROST & WANNEMACHER, 1978).

È dunque accertato che:

- la storia delle peridotiti e delle eclogiti antiche delle Alpi Orientali è per la quasi totalità pre-ercinica, e che la loro genesi primaria coinvolse il mantello superiore;
- prima dell'orogenesi ercinica vi fu un'importante attività tettonica che produsse l'inserimento di porzioni di mantello nella crosta;
- eclogiti e peridotiti portano i segni di una trasformazione retrograda sotto T e P decrescenti e P_{H_2O} crescente, trasformazione che è in parte pre-ercinica in entrambi i casi (precisamente, l'anfibolitizzazione delle eclogiti: v. PURTSCHELLER & SASSI, 1975; gli stadi 3 e 4? delle peridotiti: v. ROST & WANNEMACHER, 1978);
- rocce basiche ed ultrabasiche erano in erosione al limite Ordoviciano-Siluriano (SCHNABEL, 1976).

Che l'importante attività geodinamica pre-ercinica che in vario modo coinvolse il mantello per la formazione delle peridotiti e delle eclogiti sia parte dell'evento « Caledoniano » (di cui si parlerà fra poco), è stato ritenuto possibile ma non ancora dimostrato da molti autori (ad es.: PURTSCHELLER & SASSI, 1975; BÖGEL et al., 1979; SASSI & ZIRPOLI, 1979 a) mentre è stato ammesso in termini categorici da altri (ad es.: SCHMIDT, in BÖGEL et al., 1979, p. 104, scrive: « undoubtedly mantle processes were involved in the Ordovician magmatism »).

D.1) Il più antico processo petrogenetico abbastanza ben datato i cui prodotti rocciosi sono abbondanti e ancora ben riconoscibili è il cosiddetto metamorfismo « caledoniano ». Si tratta di un evento regionale, sviluppatosi in facies anfibolitica ai livelli attualmente affioranti e che va riferito a gradienti termici di circa 20°C/km . Esso ebbe uno sviluppo polifase, da sincinemato a postcinemato rispetto ad una attività deformativa che produsse scistosità, micropieghe ecc. (SASSI & ZANFERRARI, 1972; BORSI et al., 1973; SASSI et al., 1974 a, 1975; PURTSCHELLER & SASSI, 1975; KLEINSCHMIDT et al., 1976; BÖGEL et al., 1979; SASSI & ZIRPOLI, 1979 a).

Circa l'età di questo metamorfismo, è certo che esso fu anteriore alla messa in posto dei granitoidi di 440-450 m.a. e delle vulcaniti acide dell'Ordoviciano superiore, di cui fra poco parleremo. Ciò si desume sia dall'analisi delle situazioni di campagna, che dai dati radiometrici U/Pb di GRAUERI & ARNOLD (1968): nel diagramma « concordia » il punto inferiore di intersezione indica un grande evento termico a 450 m.a. circa. L'età prossima a 500 m.a. ottenuta da BORSI et al. (1973) è certamente solo indicativa, come gli stessi autori hanno sottolineato (pag. 357-358). L'intervallo 450-500 m.a. è comunque quello entro il quale questo metamorfismo regionale si verificò.

D.2) Di grande importanza è il fatto che tale processo culminò nella formazione di abbondanti fusi granitoidi che, salvo locali casi di zone migmatitiche, si

misero in posto o come plutoni circoscritti o come vulcaniti. Si formarono così i numerosissimi corpi granitoidi, trasformati in ortogneiss dal successivo metamorfismo ercinico, e si formò la « piattaforma porfirica pre-ercinica » (SASSI & ZIRPOLI, 1968), che fu poi variamente smembrata dalla tettonica successiva e trasformata dal metamorfismo ercinico in banchi di porfiroidi (prevalentemente, metarioriti e metarioridaciti) e talora forse in gneiss chiari stratoidi e in gneiss occhiadini stratoidi (D'AMICO, 1962, 1964 a; HERITSCH & TEICH, 1976; PECCERILLO et al., 1979; SASSI et al., 1979).

La natura di questi fusi è chiaramente crostale, ad affinità calco-alcalina e la loro genesi non dovette essere molto profonda: plagioclasio, oltre che granato e/o orneblenda erano presenti nelle rocce madri di questi fusi, e rimasero nel residuo refrattario. Queste sono le risultanze dei dati ora disponibili sul chimismo, sulla composizione isotopica iniziale dello Sr e sulla distribuzione delle terre rare (GRAUERT, 1969; BORSI et al., 1973, 1980; SATIR, 1975; PECCERILLO et al., 1979).

Quanto alla cronologia di questo magmatismo, l'età più probabile del plutonismo è 440-450 m.a. (i valori di età in realtà cadono fra i 420 e 450 m.a.: vedasi discussione critica in SASSI & ZIRPOLI, 1979 e in BORSI et al., 1980), desunta da numerose isocrone Rb-Sr su roccia totale. Circa i porfiroidi, dati paleontologici hanno dimostrato che nella Grauwackenzone settentrionale tale vulcanesimo si verificò presso il limite Caradoc-Ashgill (FLAJS & SCHÖNLAUB, 1976), cioè subcontemporaneamente alla messa in posto dei granitoidi come ipotizzato da MOSTLER, 1970 e SASSI et al., 1974 b). Sulla base di correlazioni litostratigrafiche si può ammettere questa età anche per i porfiroidi sudalpini (SASSI et al., 1979).

D.3) I rapporti cronologici fra: 1) culmine termico metamorfico, 2) produzione dei fusi granitoidi, 3) messa in posto dei plutoni, 4) vulcanesimo, richiedono un attimo di riflessione. I primi due fenomeni vanno ovviamente considerati contemporanei, una volta che il modello di anatessi crostale è accettato, come è ragionevole nel nostro caso. La messa in posto dei corpi plutonici, cioè la risalita delle chiazze leucosomatiche, deve aver richiesto un certo tempo, cosa che è in accordo con i rapporti osservati sul terreno i quali indicano che il metamorfismo è anteriore al plutonismo. Circa la contemporaneità fra vulcanesimo e messa in posto dei plutoni, allo stato attuale delle conoscenze essa va considerata solo come approssimativa, e nei limiti di errore delle determinazioni cronologiche disponibili. In realtà, il vulcanesimo potrebbe essere cominciato contemporaneamente o quasi, ma essere durato più a lungo: è comunque certo che esso si è verificato per lo più su un substrato sostanzialmente peneplanizzato o piano, e il raggiungimento di tale situazione può aver richiesto del tempo (ZIRPOLI, in BÖGEL et al., 1979).

D.4) Se sull'esistenza nelle Alpi Orientali dei processi ordoviciani sopra delineati (metamorfismo, plutonismo granitoide, vulcanesimo acido) ormai non esistono più dubbi (BÖGEL et al., 1979), rimane completamente aperto il problema del significato geodinamico dell'« Evento Caledoniano », inteso come l'insieme di tutti i

processi ordoviciani causalmente collegati fra loro e con il metamorfismo regionale ordoviciano.

Esso certamente non può più venir considerato come parte di un megaciclo, come proposto da HEINISCH e SCHMIDT (1976): infatti SASSI & ZIRPOLI (1979 a) e BORSI et al. (1980) hanno dimostrato l'inconsistenza delle basi sulle quali l'interpretazione megaciclica era fondata.

Inoltre, l'evento « caledoniano » non fu soltanto un fatto termico. Infatti, SASSI et al. (1974 a) hanno messo in evidenza un'attività dinamica su scala micro- e mesoscopica, e CLIFF (1978) ha più recentemente riconosciuto una fase di ripiegamento isoclinale anteriore alla messa in posto di granitoidi — ora ortogneiss — datati 427 m.a. (U/Pb su zirconi).

D'altra parte, l'evento « caledoniano » non può essere considerato anorogenico se si tiene presente il carattere geochimico dei fusi che esso ha prodotto (PECCERILLO et al., 1979; SASSI & ZIRPOLI, 1979 b).

Infine, esso non può essere confinato alla crosta profonda, della quale non si vede traccia nelle Alpi Orientali nè in affioramento nè fra gli inclusi dei granitoidi dell'Ordoviciano superiore.

Come si vede, il quadro va man mano chiarendosi, e grossi progressi in tal senso sono stati fatti negli ultimi due anni. Per quanto riguarda l'interpretazione geodinamica, ora addirittura cominciano ad essere proposti modelli interpretativi in termini di « *plate tectonics* » (p. es. LOESCHKE, 1977; HÖLL et al., 1978; SCHMIDT, in BÖGEL et al., 1979, p. 105). A noi sembra però prudente attendere maggiori dati di carattere strutturale e cronologico, oltre che un più chiaro quadro della distribuzione di questo evento nell'Europa centro-meridionale. È certo comunque che l'idea di un contesto orogenico si è andata rinforzando nel corso degli anni, anche se è ancora troppo speculativo il precisarne le modalità e i caratteri.

Storia ercinica

A) Grosso modo a partire dal Siluriano inferiore prende grande sviluppo la sedimentazione carbonatica, che perdura fino al Carbonifero inferiore. Contemporaneamente, si formano localmente depositi pelitici (p. es. argille a graptoliti) sostanzialmente siluriani, seguiti da sedimenti clastici devonico-carboniferi. In linee generali, si può dire con SCHÖNLAUB (1979) che nel Siluriano superiore e nel Devoniano si sviluppò un « mobile shelf », con una zona settentrionale detritica (le cui rocce furono poi trasformate in filladi e in metamorfiti di più alto grado) ed una zona meridionale (alla quale appartenevano la Carnia, le Karawanken e la Grauwackenzone settentrionale) costituita da un « mobile belt » carbonatico. A partire dal Devoniano superiore si determinò un forte abbassamento che risultò in uno stadio di flysch (Viseano sup.-Westfaliano: VAI, 1976; SCHÖNLAUB, 1979). Prodotti di attività vulcanica, riferiti all'associazione spilitico-keratofirica, sono noti nelle Alpi Orientali e riferiti all'Ordoviciano sup.-Siluriano, al Devoniano e al Carbonifero inf.: trattasi però di modeste manifestazioni per quanto riguarda il settore italiano.

Durante il Carbonifero si verificò la tetto-genesi principale ercinica, polifase (CASSINIS et al., 1976) e, quello che più interessa in questa sede, il metamorfismo regionale.

B.1) Anche quest'ultimo processo fu certamente polifase, nel senso che si notano ovunque una blastesi postcinematica seguita ad una sincinemica. Non è detto tuttavia che queste blastesi siano state separate da interruzioni dell'attività metamorfica: potrebbe essersi trattato di un processo unitario dal punto di vista termico, nel quale solo il pulsare e l'evolversi dell'attività dinamica ha determinato l'esistenza di riconoscibili momenti diversi di cristallizzazione.

Questo metamorfismo si sviluppò sotto valori di temperatura vari da zona a zona, tanto da abbracciare l'intero intervallo termico metamorfico. Infatti, da zone non o semi-metamorfiche (Carnia) si va ad aree in facies degli scisti verdi (filladi sudalpine; filladi austroalpine) fino ad aree in facies anfibolitica (parti del basamento austroalpino) e addirittura migmatitiche (es. Winnebach, nelle Alpi di Oetzal).

I valori di pressione stimati sono relativamente bassi, e il gradiente termico relativamente alto, sulla base delle seguenti considerazioni:

1) nei terreni sicuramente monometamorfici ercinici — cioè quelli nei quali dati micropaleontologici assicurano un'età di sedimentazione dall'Ordoviciano superiore al Devoniano (HÖLL, 1970; NEUGEBAUER & KLEINSCHMIDT, 1971; EXNER & SCHÖNLAUB, 1973; SCHÖNLAUB, 1974, 1975, 1979; SCHÖNLAUB & ZEZULA, 1975; FRIEWALDER & SCHUMACHER, 1976), cioè posteriore al metamorfismo «caledoniano» — il susseguirsi delle isograde è molto rapido, quindi le superfici isoterme erano piuttosto ravvicinate (KLEINSCHMIDT et al., 1976);

2) l'applicazione del metodo geobarometrico basato sui valori di b_0 delle miche potassiche (SASSI, 1972; SASSI & SCOLARI, 1974; GUIDOTTI & SASSI, 1976; SASSI et al., 1976) a questi terreni monometamorfici ercinici in facies degli scisti verdi ha fornito chiara indicazione di bassa pressione: su 320 misure, il valore medio di b_0 è 8,996 Å, con deviazione standard 0,008 (SASSI et al., 1974c; VISONÀ, 1975; SASSI et al., 1975). Questi valori di b_0 sono solo lievemente superiori a quelli relativi al metamorfismo di Bosost; inoltre, nelle Alpi Orientali è ben sviluppata la «zona della clorite», che invece manca a Bosost. Quindi, il gradiente termico ercinico delle Alpi Orientali è un po' minore a quello di Bosost;

3) nei terreni in facies anfibolitica, caratteristica del metamorfismo ercinico è la formazione di andalusite $\pm$ cianite e di cordierite $\pm$ almandino. Si conferma dunque sia il carattere di bassa pressione riconosciuto col metodo del b_0 , e sia il fatto che la pressione doveva essere lievemente più alta che nel metamorfismo di Bosost. Tenendo conto dei risultati della petrologia sperimentale, si arriva in tal modo a stimare un valore di gradiente termico prossimo a 38° C/km (BÖGEL et al., 1979).

B.2) Il metamorfismo ercinico metamorfosò per la prima volta la «copertura» ordoviciana sup. fino a carbonifera, i granitoidi dell'Ordoviciano superiore e le coeve

vulcaniti della «piattaforma porfirica pre-ercinica». Inoltre esso produsse una sovrimpronta metamorfica sul basamento già metamorfosato dall'evento «caledoniano». Tale sovrainpronta:

- ebbe carattere chiaramente retrogrado nei volumi rocciosi rimasti ben al di sopra dell'isoterma ercinica di inizio della facies anfibolitica, e precisamente dove condizioni erciniche di temperatura metamorfica decisamente bassa si accompagnarono a disponibilità di fluidi (ad es. il substrato della fillade del Turntaler: SASSI & ZANFERRARI, 1972);
- si esplicò come ricristallizzazione totale o quasi nei volumi rocciosi venutisi a trovare al di sotto dell'isoterma ercinica di inizio della facies delle anfiboliti: in tal caso le situazioni pre-erciniche sono del tutto obliterate, o comunque non riconoscibili, come ad esempio in alcune zone delle Alpi Venoste (GREGNANIN & PICCIRILLO, 1972) e dell'Oetztal (PURTSCHELLER & SASSI, 1975).

B.3) Non bisogna credere che il metamorfismo ercinico è sempre e solo in facies degli scisti verdi lì dove c'è situazione di monometamorfismo. In altre parole, è possibile che parti del «Cristallino Antico» in facies anfibolitica di «bassa pressione» rappresentino terreni monometamorfici ercinici, la cui età di sedimentazione è del tutto identica o confrontabile con quella delle «coperture filladiche».

Ovviamente, a causa dell'alto grado metamorfico è difficile — ed in ogni caso per ora molto speculativo — riconoscere tali rocce. Criteri per una tale identificazione possono essere:

- l'abbondanza di marmi, in considerazione del fatto che la sedimentazione carbonatica sembra aver assunto nelle Alpi Orientali un ruolo importante dal Siluriano in poi;
- la presenza di gneiss chiari e di gneiss occhiadini, che potrebbero essere parti della «piattaforma porfirica pre-ercinica»;
- la presenza di scisti grafitici, che potrebbero corrispondere alle argille nere depostesi prevalentemente nel Siluriano (ma presenti anche nel Devoniano e nel Carbonifero);
- anomalie geochemiche sinsedimentarie di Sb-W-Hg, legate a strati che potrebbero avere un'età ordoviciana superiore.

È tuttavia necessaria una grande cautela nell'adoperare tali criteri, dato che nessuno di essi fornisce indicazioni univoche. Si rimanda a METZ (1952), CLAR et al. (1963), MAUCHER & HÖLL (1968), NEUGEBAUER & KLEINSCHMIDT (1971), SASSI et al. (1975), HERITSCH & TEICH (1976), HÖLL & MAUCHER (1976), DEUTSCH (1978), SCHÖNLAUB (1979), PECCERILLO (1979) per una più approfondita documentazione su questi ed altri possibili criteri.

B.4) Dal punto di vista geocronologico, i dati radiometrici disponibili nelle Alpi Orientali italiane sono i seguenti:

- età di raffreddamento Rb-Sr di muscoviti e di biotiti intorno ai 300 m.a.: questi ultimi valori di età indicano il momento in cui questi terreni si raffreddarono al di sotto dei 300°C circa (BORSI et al., 1973, 1978, 1980; SATIR, 1975);

— età di isocrona Rb-Sr su roccia totale ottenuta da porfiroidi, ed interpretata per plausibili motivi come età del metamorfismo: 350 ± 3 m.a. (DEL MORO et al., 1980; $\lambda = 1,42 \cdot 10^{-11} \cdot a^{-1}$).

Questo valore di età concorda abbastanza bene con quelli ottenuti con lo stesso metodo da SATIR & MORTEANI (1979 a) nell'Austroalpino a nord dei Tauri: 322 ± 24 m.a. e 347 ± 30 m.a.. Tenuto conto del valore estremamente basso dell'errore (± 3) della datazione di DEL MORO et al. (1980), si può ritenere che 350 m.a. rappresenti effettivamente l'età del metamorfismo.

Se ciò è vero, l'intervallo di tempo fra questo valore di età e l'età di raffreddamento sotto i 300°C sembra essere piuttosto ampio. Probabilmente in questo intervallo c'è spazio per una seconda fase di riscaldamento ercinico alla quale, ad esempio, attribuire le cristallizzazioni postcinematiche ed alla quale collegare le età di raffreddamento che comunemente si trovano. Si rimanda a DEL MORO et al. (1980) per una più ampia discussione di questo problema.

B.5) A proposito della possibile bifasicità del metamorfismo ercinico, l'interpretazione recentemente proposta da SATIR & MORTEANI (1979 a, b) richiede una discussione. Questi autori infatti, hanno introdotto un elemento completamente nuovo nella geologia ercinica delle Alpi Orientali, proponendo l'esistenza di un metamorfismo ercinico precoce di bassa temperatura e alta pressione (circa 400°C e 5,3 kb), che avrebbe preceduto il metamorfismo ercinico di bassa pressione. Poiché tale interpretazione ha notevoli implicazioni nella ricostruzione geodinamica dell'evento ercinico, è opportuna un'analisi critica dell'attendibilità dei criteri utilizzati per formularla.

Questa interpretazione è basata sul dato analitico che le miche chiare potassiche della Schwager Augengneiss — uno gneiss occhiadino ricco in feldspato potassico, la cui composizione mineralogica normativa cade nel campo 2, graniti a feldspati alcalini, di STRECKEISEN (1976) — sono ricche in celadonite, e quindi indicherebbero alta pressione (ERNST, 1963; VELDE, 1967; SASSI, 1972; GUIDOTTI & SASSI, 1976).

Va però notato che la composizione chimica delle miche chiare potassiche non dipende soltanto dalla pressione, ma anche da altre variabili intensive ed estensive. Senza entrare nel dettaglio sull'influenza esercitata da ciascuna di queste variabili, con riferimento alla Fig. 11 di GUIDOTTI & SASSI (1976) fissiamo l'attenzione solo su alcune variazioni compositive della mica determinata, a parità di altre condizioni ambientali (T , P , $a_{\text{H}_2\text{O}}$, f_{O_2}), da variazioni di composizione della roccia.

Dalla citata Fig. 11 risulta chiaro che la mica che si forma in rocce contenenti feldspato potassico (associazione Z) è sempre più ricca in celadonite (cioè più povera in Al) di quella che si forma nelle associate metapeliti (associazioni Y_1 , X, W). Quindi, nelle rocce contenenti feldspato potassico la composizione delle miche chiare potassiche non può essere utilizzata come indice geobarometrico se, come termini di confronto, vengono assunte miche di metapeliti.

Tale previsione di comportamento concorda eccellentemente con i dati analitici

a disposizione degli scriventi. Ad esempio, vedasi nella Fig. 5 di SASSI et al. (1979) come i valori di b_0 delle miche dei porfiroidi del Comelico — la cui composizione chimica è sostanzialmente uguale a quella degli Schwazeraugengneiss — sono sistematicamente e nettamente più alti di quelli delle miche delle filladi associate ai porfiroidi. Un altro ottimo esempio è fornito dai dati stessi di SATIR & MORTEANI (1979 a, b): mentre la mica degli gneiss occhiadini di Schwaz è ricca in celedonite, quella degli scisti pelitici incassanti (Steinkogelschiefer) è una muscovite povera in celedonite, analoga a quella delle filladi del Comelico.

Si conclude che il criterio utilizzato da SATIR & MORTEANI (1979 a, b) per dimostrare l'esistenza di un metamorfismo coercinico di alta pressione e bassa temperatura non è valido. Quindi l'esistenza di tale fase non è provata e tutti i dati finora esistenti indicano per il metamorfismo ercinico delle Alpi Orientali carattere di pressione relativamente bassa (gradiente termico prossimo a 38°C/km).

Ciò ovviamente non esclude la possibilità di una bifasicità di tale metamorfismo, ma nei termini ai quali si è fatto cenno prima a commento dei dati radiometrici e che sono discussi in dettaglio da DEL MORO et al. (1980).

B.6) Come abbiamo accennato sopra, prima del metamorfismo si verificò un'attività vulcanica riferibile all'associazione spilitico-keratofirica, attività che è alquanto modesta per quanto riguarda il settore italiano.

I dati su questo vulcanesimo non sono abbondanti, e l'interpretazione petrologico-geochimica di questo processo è spesso limitata dalla insufficienza di precisi dati sulla cronologia dei vari livelli vulcanici. Rinviamo a PELLIZZER & GENTILI (1964), GHEZZO (1974), LOESCHKE (1973, 1977) per maggiori dettagli sia di carattere descrittivo che interpretativo, va qui sottolineato il fatto che — per quanto finora noto — nel cosiddetto « stadio pre-orogenico » ercinico non si svilupparono rocce ofiolitiche confrontabili con quelle alpine: questo fatto deve avere un certo peso nella formulazione di modelli geodinamici dell'evento ercinico.

B.7) La petrogenesi ercinica nelle Alpi Orientali comprende anche la formazione di abbondanti fusi acidi ed intermedi. La messa in posto di questi fusi, in parte a formare corpi plutonici (Cima d'Asta, M. Sabion, M. Croce, Ivigna, Bresanone, Eisenkappel), in parte effusi a formare la « piattaforma porfirica atesina », si realizzò sostanzialmente nel Permiano sia per quanto riguarda i plutoni che l'attività vulcanica. Rinviamo a D'AMICO (1964 b, 1979), D'AMICO & MOTTANA (1976), GHEZZO (1967, 1974), BRONDI et al. (1970, 1976), D'AMICO & SIENA (1977), VISONÀ (1977, 1979), BARGOSSÌ et al. (1979), per un quadro dei dati disponibili, ricordiamo che la messa in posto dei plutoni e del complesso vulcanico atesino rappresenta l'ultimo grandioso atto del ciclo ercinico.

B.8) Per quanto infine riguarda le idee correnti sull'evoluzione geodinamica ercinica delle Alpi Orientali, si rimanda ai recenti lavori di FLÜGEL (1977), di SCHÖNLAUB (1979) e di VAI (1979) ed alla bibliografia in essi citata.

BIBLIOGRAFIA

- BARGOSSO G. M., D'AMICO C. & VISONÀ D. (1979) - *Hercynian Plutonism in the Southern Alps*. In: SASSI F. ed.: IGCP no. 5 Newsletter, 1, 1979, 7-32.
- BÖGEL H., MORTEANI G., SASSI F. P., SATIR M. & SCHMIDT K. (1979) - *The Hercynian and pre-Hercynian development of the Eastern Alps. Report on a Meeting*. N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 156, 87-112.
- BORIANI A., DAL PIAZ G. V., HUNZIKER J. C., VON RAUMER J. & SASSI F. P. (1976) - *Caratteri, distribuzione ed età del metamorfismo prealpino nelle Alpi*. Mem. Soc. Geol. Ital., 13 (suppl.), 165-225.
- BORSI S., DEL MORO A., SASSI F. P. & ZIRPOLI G. (1973) - *Metamorphic evolution of the Austroalpine rocks to the south of the Tauern Window (Eastern Alps): radiometric and geo-petrologic data*. Mem. Soc. Geol. Ital., 12, 549-571.
- BORSI S., DEL MORO A., SASSI F. P., ZANFERRARI A. & ZIRPOLI G. (1978) - *New geo-petrologic and radiometric data on the Alpine history of the Austroalpine continental margin south of the Tauern Window (Eastern Alps)*. Mem. Sci. Geol. Univ. Padova, 32, 20 p.
- BORSI S., DEL MORO A., SASSI F. P. & ZIRPOLI G. (1980) - *New petrographic and radiometric data on the Oetztal and Stubai orthogneisses (Eastern Alps)*. N. Jb. Miner. Mh., 2, 75-87.
- BRACK W., TROLL G., KÖLHER H. & MÜLLER-SOHNUS D. (1977) - *Geochronological investigations in the «Altkristallin» of Eastern Alps*. Geodynamics and Geotraverses around the Alps, Salzburgh-München.
- BRONDI A., GHEZZO C., GUASPARRI G., RICCI C. A., SABATINI G. (1970) - *Le vulcaniti paleozoiche nell'area settentrionale del complesso effusivo atesino*. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., 77, 157-182.
- BRONDI A., MITTEMPERGHER M. & NASCIMBEN P. (1976) - *Complesso vulcanico atesino*. St. Trentini Sci. Nat., 53, 117-147.
- CASSINIS C., MONTRASIO A., POTENZA R., VON RAUMER J., SACCHI R. & ZANFERRARI A. (1976) - *Tettonica ercinica nelle Alpi*. Mem. Soc. Geol. Ital., 13 (suppl.), 285-318.
- CLAR E., FRITSCH W., MEIXNER M., PILGER A. & SCHÖNENBERG R. (1963) - *Die geologische Neuauflage des Saualpe-Kristallins (Kärnten)*, VI. Carinthia II, 153/73, 23-51.
- CLIFF R. A. (1978) - *Zircon U/Pb isotopic evidence for lower Paleozoic tectonic activity in the Austroalpine Nappe in the Eastern Alps*. 4th Intern. Conf. Geochr., Colorado (abstract).
- D'AMICO C. (1962) - *La zona cristallina Agord-Cereda*. Mem. Ist. Geol. Miner. Univ. Padova, 23, 77 p.
- D'AMICO C. (1964 a) - *Le metamorfiti della Valsugana occidentale*. Miner. Petr. Acta, 10, 157-176.
- D'AMICO C. (1964 b) - *Relazioni comagmatiche tra vulcanesimo atesino e plutonismo di Cima d'Asta. La provincia magmatica tardo-ercinica tridentina*. Miner. Petr. Acta, 10, 157-176.
- D'AMICO C. (1979) - *General picture of Hercynian magmatism in the Alps, Calabria-Peloritani and Sardinia-Corsica*. In: SASSI F. P. ed.: IGCP no. 5 Newsletter, 1, 1979, 33-72.
- D'AMICO C. & MOTTANA A. (1976) - *Hercynian plutonism in the Alps. A report 1973-1974*. Mem. Soc. Geol. Ital., 13 (suppl.), 49-118.
- D'AMICO C. & SIENA F. (1977) - *Conoscenze petrochimiche e geochimiche del complesso plutonico di Cima d'Asta*. Mem. Sci. Geol. Univ. Padova, 32, 22 p.
- DAURER A. & SCHÖNLAUB H. P. (1978) - *Anmerkung zur Basis der Nördlichen Grauwackenzone*. Mitt. Österreich. geol. Ges., 69, 77-88.
- DEL MORO A., SASSI F. P. & ZIRPOLI G. (1980) - *First results on the radiometric age of the Hercynian metamorphism in the South Alpine basement of the Eastern Alps*. N. Jb. Geol. Paläont. Mh.
- DEUTSCH N. (1978) - *Geologie and Petrographie der mittleren Goldeckgruppe (Kärnten, Österreich)*. Jb. Geol. B.-A., 120, 231-294.
- ERNST W. G. (1963) - *Significance of phengitic micas from low-grade schists*. Am. Miner., 48, 1357-1376.
- EXNER CH. & SCHÖNLAUB H. P. (1973) - *Neue Beobachtungen an der Periadrischen Narbe im Gailtal und im Karbon von Nötsch*. Verh. Geol. B.-A., 1973, 357-365.
- FLAJS G. & SCHÖNLAUB H. P. (1976) - *Die biostratigraphische Gliederung des Altpaläozoikums am Polster bei Eisenerz (Nördlich Grauwackenzone, Österreich)*. Verh. Geol. B.-A., 257-303.

- FLÜGEL H. W. (1975) - *Einige Probleme des Variszikums von Neo-Europa*. Geol. Rdsch., 64, 1-62.
- FLÜGEL H. W. (1977) - *Paläoleographie und Tektonik des alpinen Variszikums*. N. Jb. Geol. Paläont. Mh., 659-674.
- FRANK W., KLEIN P., NOWY W. & SCHARBERT S. (1976) - *Die Datierung geologischer Ereignisse im Altkristallin der Gleinalpe mit der Rb-Sr Methode*. Tscherma's Min. Petr. Mitt., 23, 191-203.
- GEBAUER D. & GRÜNENFELDER M. (1978) - *U-Pb zircon dating of alpine-type peridotites. Example: Val Ultimo (Northern Italy)*. U.S. Geol. Survey Open-file Rep. 78-701, 135-137.
- GHEZZO C. (1967) - *Le vulcaniti paleozoiche nell'area centro-orientale del complesso effusivo atesino*. Miner. Petr. Acta, 13, 339-408.
- GHEZZO C. (1974) - *Vulcanesimo Ercinico*. Coll. Orog. Ercin. Alp., Bergamo, 5.01-5.35.
- GRAUERT B. (1969) - *Die Entwicklungsgeschichte des Silvretta-Kristallins auf Grund radio-metrischer Altersbestimmungen*. Ph. D. Thesis, 166 p.
- GRAUERT B. & ARNOLD A. (1968) - *Deutung diskordanter Zirkonalter der Silvrettadecke und Gotthardmassivs (Schweizer Alpen)*. Contr. Miner. Petrol., 20, 34-56.
- GRAUERT B., HÄNNY R. & SPOTRAYNOVA G. (1973) - *Age and origin of detrital zircons from the Pre-Permian basement of the Bohemian Massif and the Alps*. Contr. Miner. Petrol., 40, 105-130.
- GREGNANIN A. & PICCIRILLO E. M. (1972) - *Litostratigrafia, tettonica e petrologia negli scisti austridici di alta e bassa pressione dell'area Passiria-Venosta (Alto Adige)*. Mem. Ist. Geol. Miner. Univ. Padova, 28, 55 p.
- GUIDOTTI C. V. & SASSI F. P. (1976) - *Muscovite as a petrogenetic indicator mineral in pelitic schists*. N. Jb. Miner. Abh., 127, 97-142.
- HARRE W., KREUZER H., LENZ H., MÜLLER P., WENDT I. & SCHMIDT K. (1968) - *Rb/Sr und K/Ar-Altersbestimmungen an Gesteinen des Oetzal-Kristallins (Ostalpen)*. Geol. Jb., 86, 797-826.
- HEINISCH H. & SCHMIDT K. (1976) - *Zur kaledonischen Orogenese in den Ostalpen*. Geol. Rdsch., 65, 459-482.
- HERITSCH H. (1973) - *Die Bildungsbedingungen von alpinotypen Eklogit amphibolit und Metagabbro, erläutert an Gesteinen der Koralpe, Steiermark*. Tscherma's Min. Petr. Mitt., 19, 213-271.
- HERITSCH H. & TEICH T. (1976) - *Zur Genese des Augengneiszes von der Ostlichen Gleinalpe in die westliche Stubalpe*. Anz. Österr. Akad. Wiss. Wien, math.-naturw. Kl., 112, 115-119.
- HERZBERG C., RICCIO C., CHIESA S., FORNONI A., GATTO G. O., GREGNANIN A., PICCIRILLO E. M. & SCOLARI A. (1977) - *Petrogenetic evolution of a spinel-garnet lherzolite in the Austridic crystalline basement from Val Clapa (Alto Adige, Northern Italy)*. Mem. Ist. Geol. Miner. Univ. Padova, 30, 28 p.
- HÖLL R. (1970) - *Die Zinnober-Vorkommen in Gebiet der Turracher Möbe (Nock-Gebiet, Österreich) und den Alter der Eisenhut-Schieferserie*. N. Jb. Geol. Paläont., Mh., 201-224.
- HÖLL R. & MAUCHER A. (1976) - *The strata-bound ore deposits in the Eastern Alps*. In: Handbook of strata-bound and stratiform ore deposits, 1-36, Elsevier.
- HÖLL R., LOESCHKE J., MAUCHER A. & SCHMIDT K. (1978) - *Early Paleozoic Geodynamics in the Eastern and Southern Alps*. In: CLOSS et al. eds.: Alps, Apennines, Hellenides, Schweizerbart'sche, Stuttgart, 1978, 124-127.
- KLEINSCHMIDT G., SASSI F. P. & ZANFERRARI A. (1976) - *A new interpretation of the metamorphic history in the Saualpe (Eastern Alps)*. N. Jb. Geol. Paläont., Mh., 653-670.
- LOESCHKE J. (1973) - *Zur Petrogenese paläozoischer Spilite aus den Ostalpen*. N. Jb. Miner., Abh., 119, 20-56.
- LOESCHKE J. (1977) - *Kaledonischer eugeosynklinaler Vulkanismus Norwegens und der Ostalpen im Vergleich mit rezentem Vulkanismus unterschiedlicher geotektonischer Positionen: Eine Arbeitshypothese*. Z. Dt. Geol. Ges., 128, 185-207.
- MAUCHER A. & HÖLL R. (1968) - *Die Bedeutung geochemisch-stratigraphischer Bezugshorizonte für die Altersstellung der Antimonitlagerstätte von Schainig im Burgenland, Österreich*. Mineral. Deposita, 3, 272-285.
- METZ K. (1952) - *Zur Frage der voralpinischen Bauelemente in den Alpen*. Geol. Rundsch., 40, 261-275.

- MILLER CH. (1970) - *Petrology of some eclogites and metagabbros of the Ötztal Alps, Tyrol. Austria*. Contr. Miner. Petrol., 28, 42-56.
- MILLER CH. (1974) - *Reaction rims between olivine and plagioclase in metaperidotites, Ötztal Alps, Austria*. Contr. Miner. Petrol., 43, 333-342.
- MILLER D.S., JÄGER E. & SCHMIDT K. (1967) - *Rb/Sr-Altersbestimmungen an Biotiten der Raibler-Schichten des Brenner Mesozoikum und am Muskovitgranitgneis von Vent (Ötztaler Alpen)*. Eclogae Geol. Helv., 60, 537-541.
- MOSTLER H. (1970 a) - *Der Westabschnitt der Nördlichen Grauwackenzone (Tirol und Salzburg)*. Nachr. Dt. Geol. Ges., 2, 52-53.
- MOSTLER H. (1970 b) - *Struktureller Wandel und Ursachen der Faziesdifferenzierung an der Ordoviz/Silur-Grenze in der nördlichen Grauwackenzone (Österreich)*. Festbd. Geol. Inst. 300-J.-Feier Univ. Innsbruck, 507-522.
- MOTTANA A., CHURCH W.R. & EDGAR A.D. (1968) - *Chemistry, mineralogy and petrology of an eclogite from the type locality (Sausalpe, Austria)*. Contr. Miner. Petrol., 18, 338-346.
- NEUGEBAUER J. & KLEINSCHMIDT G. (1971) - *Ansatz zu einer echten Stratigraphie in metamorphen Altpaläozoikum der Ostalpen*. Z. Dt. Geol. Ges., 122, 113-122.
- NUNES P.D. & STEIGER R.H. (1974) - *A U-Pb Zircon and Rb-Sr and U-Th-Pb whole-rock study of a polymetamorphic terrane in the Central Alps, Switzerland*. Contr. Miner. Petrol., 47, 255-280.
- PECGERILLO A., POLI G., SASSI F.P., ZIRPOLI G. & MEZZACASA G. (1979) - *New data on the upper Ordovician acid plutonism in the Eastern Alps*. N. Jb. Miner. Abh., 137, 162-183.
- PELLIZZER R. & GENTILI G. (1964) - *Le rocce eruttive del Paleozoico Carnico*. Boll. Soc. Geol. It., 83, 1-57.
- PILGER A. & WEISSENBACH N. (1970) - *Stand und Aussichten der Forschung über Stratigraphie, Tektonik und Metamorphose in der Sausalpe in Kärnten*. Clausthal Geol. Abh., 5, 1-39.
- PRIEWALDER H. & SCHUMACHER R. (1976) - *Petrographisch-tektonische Untersuchungen in den Ennstaler Phylliten (Niedere Tauern, Steiermark) und deren Einstufung in das Silur*. Verh. Geol. B.-A., 95-113.
- PURTSCHELLER F. (1971) - *Ötztaler und Stubai Alpen*. Slg. geol. Führer, Borntraeger, Berlin, 53, 111 p.
- PURTSCHELLER F. & SASSI F.P. (1975) - *Some thoughts on the pre-Alpine metamorphic history of the Austroalpine Basement of the Eastern Alps*. Tscherma's Min. Petr. Mitt., 22, 175-199.
- RICHTER W. (1973) - *Vergleichende Untersuchungen an ostalpinen Eklogiten*. Tscherma's Min. Petr. Mitt., 19, 1-50.
- ROST F. & BRENNIS P. (1978) - *Die Ultramafite im Bergzug südlich des Ultentales, Provinz Alto Adige (Oberitalien)*. Tscherma's Min. Petr. Mitt., 25, 257-286.
- ROST F. & WANNEMACHER J. (1978) - *Origin and Metamorphism of Ultramafic Rocks along the Periadriatic Line in the Western Alps*. In: CLOSS H. et al. eds.: *Alps, Apennines, Hellenides*, Schweizerbart'sche, Stuttgart, 163-166.
- ROST F., WANNEMACHER J. & JOHANN A. (1979) - *Garnet ultramafites in the Ivrea-Zone and other Crystalline Zones along the Periadriatic Lineament*. Mem. Sci. Geol. Univ. Padova, 33, 183-192.
- SASSI F.P. (1972) - *The petrological significance of the b_0 values of potassic white micas in low-grade metamorphic rocks. An application to the Eastern Alps*. Tscherma's Min. Petr. Mitt., 18, 105-113.
- SASSI F.P. & SCOLARI A. (1974) - *The b_0 value of the potassic white micas as a barometric indicator in low-grade metamorphism of pelitic schists*. Contr. Miner. Petr., 45, 143-152.
- SASSI F.P. & ZANFERRARI A. (1972) - *Il significato geologico del Complesso del Turltaler (Pusteria), con particolare riguardo alla successione di eventi metamorfici prealpini nel basamento austroalpino delle Alpi Orientali*. Boll. Soc. Geol. Ital., 91, 533-557.
- SASSI F.P. & ZIRPOLI G. (1968) - *Il basamento cristallino di Recoaro: studio petrografico*. Mem. Soc. Geol. Ital., 7, 227-245.
- SASSI F.P. & ZIRPOLI G. (1979 a) - *Stato delle conoscenze sulla storia pre-Ercinica delle Alpi Orientali*. Mem. Soc. Geol. Ital., 20, 9-18.
- SASSI F.P. & ZIRPOLI G. (1979 b) - *Pre-Variscan acidic magmatism in the Eastern Alps*. In: SASSI F.P. ed.: *IGCP no. 5 Newsletter*, 1, 1979, 117-128.

- SASSI F.P., KRÄUTNER H.G. & ZIRPOLI G. (1976) - *Recognition of the pressure character in greenschist facies metamorphism*. Schweiz. Miner. Petr. Mitt., 56, 427-434.
- SASSI F.P., SCHÖNLAUB H.P. & ZANFERRARI A. (1975) - *The pre-Variscan history of the Eastern Alps*. Österr. Akad. Wissensch., 3, 1978, 261-277.
- SASSI F.P., ZANFERRARI A. & ZIRPOLI G. (1974 a) - *Aspetti dinamici dell'evento «caledoniano» nell'australalpino a sud della Finestra dei Tauri*. Mem. Mus. Trid. Sci. Nat., 20, 3-32.
- SASSI F.P., ZANFERRARI A., ZIRPOLI G., BORSI S. & DEL MORO A. (1974 b) - *The Austrides to the south of the Tauern Window and the periadriatic lineament between Mules and Mautheben*. N. Jb. Geol. Paläont., Mh., 7, 421-434.
- SASSI F.P., ZANFERRARI A. & ZIRPOLI G. (1974 c) - *Some considerations on the South Alpine basement of the Eastern Alps*. N. Jb. Geol. Paläont. Mh., 10, 609-624.
- SASSI F.P., ZANFERRARI A. & ZIRPOLI G. (1979) - *Nuovi dati sulla stratigrafia e i caratteri chimico-petrografici dei porfiroidi del Comelico (Alpi Orientali)*. Mem. Soc. Geol. Ital., 20, 423-432.
- SATIR M. (1975) - *Die Entwicklungsgeschichte der westlichen Hohen Tauern und der südlichen Ötztalmasse aufgrund radiometrischer Altersbestimmungen*. Mem. Ist. Geol. Miner. Univ. Padova, 30, 82 p.
- SATIR M. & MORTEANI G. (1979 a) - *Kaledonische, herzynische und alpidische Ereignisse im Mittelostalpin nördlich der westlichen Hohen Tauern, abgeleitet aus petrographischen und geologischen Untersuchungen*. Geol. Rdsch., 68, 1-40.
- SATIR M. & MORTEANI G. (1979 b) - *P-T conditions of the high-pressure Hercynian event in the Alps as deduced from petrological, Rb-Sr and O^{18}/O^{16} data on phengites*. Schweiz. Miner. Petr. Mitt. (in stampa).
- SCHMIDT K. (1976) - *Das «Kaledonische Ereignis» in Mittel- und Südwesteuropa*. Nova Acta Leopoldina, N.F. 45/224, 381-402.
- SCHMIDT K. (1977) - *Der altpaläozoische Magmatismus und seine Stellung in der tektonischen Geschichte Mittel- und Südwesteuropas*. Z. Dt. Geol. Ges., 128, 121-141.
- SCHNABEL W. (1976) - *Schwermineraluntersuchungen im Prä-Variszikum der Karnischen Alpen*. Verh. Geol. B.-A. Wien, 191-206.
- SCHÖNLAUB H.P. (1974) - *Stratigraphische Untersuchungen in metamorphen Karbonatgesteinen*. Verh. Geol. B.-A. Wien, A 123.
- SCHÖNLAUB H.P. (1975) - *Zum Alter der Radstädter Quarzphyllite (Unterostalpin, Salzburg)*. Ann. Naturhist. Mus. Wien, 79, 47-55.
- SCHÖNLAUB H.P. (1979) - *Das Paläozoikum in Österreich*. Abh. Geol. B.-A. Wien, 33, 124 p.
- SCHÖNLAUB H.P. & ZEZULA S. (1975) - *Silur-Conodonten aus einer Phyllonit-zone im Muralpen-Kristallin (Lungau, Salzburg)*. Verh. Geol. B.-A. Wien, 253-269.
- STRECKEISEN A. (1976) - *To each plutonic rock its proper name*. Earth Sci. Rev., 12, 1-33.
- TROLL G., FORST R. & SOLLNER F. (1976) - *Über Bau, Alter und Metamorphose des Altkristallins der Schobergruppe, Osttirol*. Geol. Rdsch., 65, 485-511.
- VAI G.B. (1976) - *Stratigrafia e paleogeografia ercinica nelle Alpi*. Mem. Soc. Geol. Ital., 13 (suppl.), 7-37.
- VAI G.B. (1979) - *Tracing the Hercynian structural zones across neo-Europa. A model for correlation purpose within IGCP Project No. 5*. In: SASSI F.P. ed., IGCP No. 5 Newsletter, 1, 1979, 149-158.
- VELDE B. (1967) - *The Si^{+} content in natural phengites*. Contr. Miner. Petr., 14, 250-258.
- VISONÀ D. (1975) - *Il significato barometrico delle muscoviti nella Gailtal (Alpi Orientali)*. St. Trent. Sci. Nat., 51, 1-8.
- VISONÀ D. (1977) - *Contributo alla conoscenza del massiccio di Bressanone (Alpi Orientali)*. Rend. Soc. Ital. Miner. Petr., 33, 647-665.
- VISONÀ D. (1979) - *Lo stock granitico a cordierite del M. Sella nel massiccio di Bressanone. Alpi Orientali*. Boll. Soc. Ital. Miner. Petr.